

MAGMATISMO DO PALEOZÓICO INFERIOR NO SUDOESTE DA ZONA CENTRO IBÉRICA

THE LOWER PALEOZOIC MAGMATISM IN THE SOUTHWESTERN CENTRAL IBERIAN ZONE

M.L. Ribeiro¹; J. Munhá²; A.R. Solá¹, J. Mata^{2,3}

RESUMO

Magmatitos do Paleozóico inferior são frequentes na parte sudoeste da Zona Centro Ibérica (ZCI). Ocorrem sob fácies metamórficas variadas onde a preservação de texturas ou associações mineralógicas primárias é rara. A ZCI (s.l.) evoluiu essencialmente no regime distensivo (margem passiva) que ocorreu entre os processos orogénicos cadomiano e varisco.

Nas formações mais antigas ocorre escasso vulcanismo félsico e evidências de vulcanismo máfico muito distal. Na passagem Câmbrico-Ordovícico existe vulcanismo félsico e máfico, nomeadamente, na região mais meridional da ZCI, onde ocorre relacionado com plutonismo granítico contemporâneo. Vulcanismo básico interestratificado ocorre, bem datado do Ordovícico superior, na região do Buçaco e no domínio autóctone de Trás-os-Montes. Ambos possuem quimismo toleítico com assinatura continental. No domínio alóctone de Trás-os-Montes o magmatismo do “Complexo Alóctone Inferior” inicia-se por uma sequência alcalina intraplaca que evolui para quimismo toleítico empobrecido do tipo MORB que testemunha o processo de oceanização. Estruturas e unidades de ofiolito ocorrem no “Complexo Ofiolítico” sobre o qual assenta o designado “Complexo Alóctone Superior”, de idade controversa. Este último inclui mafitos/ultramafitos e gnaisses quartzo-feldspáticos, de alto grau metamórfico, cobertos por ortognaisses e filitos e tem sido considerado corresponder respectivamente à parte da margem continental oposta do oceano varisco e do Manto subjacente.

O magmatismo do Paleozóico inferior da ZCI, nas regiões autóctones e alóctones, instalou-se em regime extensional que levou ao aparecimento de um oceano. Este regime ter-se-á invertido no Devónico inferior-médio e fechado na passagem ao Carbónico, com obducção da crosta oceânica e a formação do empilhamento de mantos no noroeste peninsular.

PALAVRAS-CHAVE: Magmatismo, Paleozóico inferior, W Ibéria, Geodinâmica

ABSTRACT

The Lower Paleozoic magmatism is very common in the Southwestern part of the Central Iberian Zone (ZCI). Usually, this igneous rock appears in several metamorphic grades where magmatic mineral associations and textures are rare. The Lower Paleozoic under the Ordovician formations (Cambrian?) has some rare intercalations of distal volcanism (evidences basic episodes and acidic layers). Near the Cambrian/ Ordovician boundary felsitic and basic volcanism are associated to local contemporaneous granites in the south limit region of ZCI. The first basic mafic, well dated as Upper Ordovician, occur in the Buçaco region, and in the autochthone domain from Trás-os-Montes region. Both sequences are continental tholeiites. In the Trás-os-Montes allochthone domain the magmatism begins, at the lower-thrust as an alkaline transitional intraplate sequence which pass to a tholeiitic series MORB impoverished type. The normal ophiolitic structures and units have been described at the middle-thrust above which stays the so called “upper-thrust” of controversial age. This one includes high grade metamorphic mafic/ultramafic rocks and quartz feldspatic gneisses covered by orthogneisses and phyllites which have been considered respectively as part of the opposite margin of the correspondent Variscan Ocean and the upper mantle beneath it.

¹ Dep. Geologia INETI, Ap. 7586, 2721-866 Alfragide; mluisa.ribeiro@ineti.pt;

² Dep. Geologia, Fac. Ciências Univ. Lisboa, Campo Grande, Ed. C6, 1749 – 016 Lisboa; jmunha@fc.ul.pt; jmata@fc.ul.pt; rita.sola@ineti.pt

³ Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, CeGUL

The signature of ZCI Lower Paleozoic magmatic rocks suggests an extensional tectonic regime followed by the opening of an ocean. This regime have reversed about Middle Devonian and closed at Upper Devonian/Carboniferous times.

KEY-WORDS: Magmatism, Lower Paleozoic, W Iberia, Geodynamic

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho faz-se uma sùmula do conhecimento sobre o magmatismo do Paleozóico Inferior (do Câmbrio ao Devónico inferior) em Portugal onde está representado na Zona Centro Ibérica (ZCI), na Zona da Galiza-Trás-os-Montes (ZGTOM), na Zona de Ossa-Morena (ZOM) e, mesmo, na Zona Sul Portuguesa (ZSP), onde o magmatismo mais antigo tem sido atribuído ao Devónico inferior (Fig. 1). Corresponde essencialmente a rochas vulcânicas (s.l.) interestratificadas nas seqüências sedimentares mas engloba também plutonismo, essencialmente granítico de idade câmbrio-ordovícica que os dados de geocronologia têm revelado ser muito mais abundante que o suposto no início da década de setenta (Priem et al., 1970).

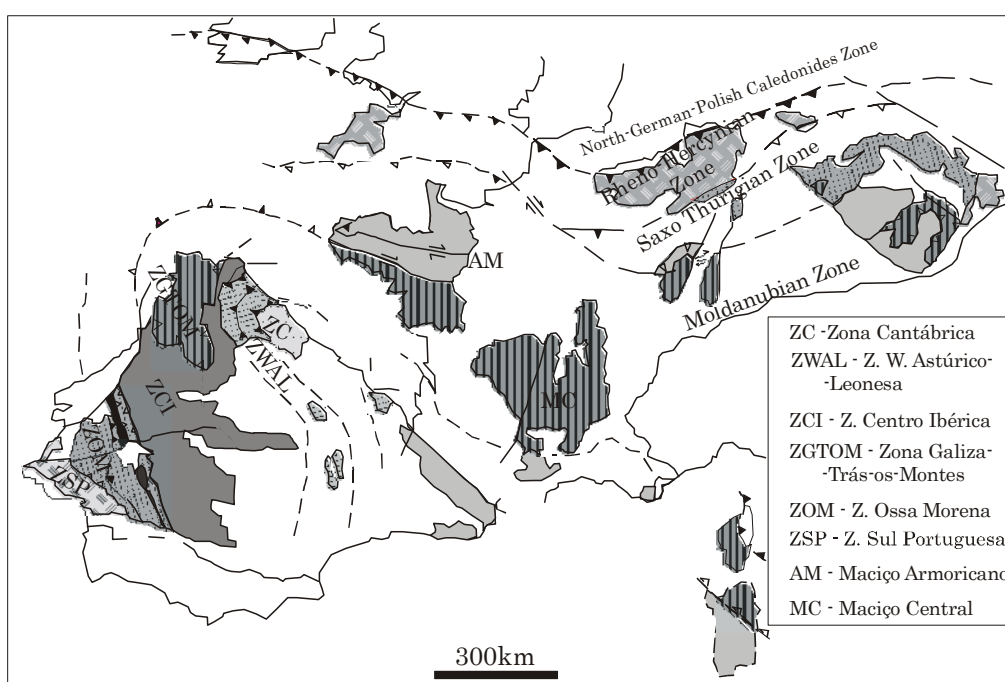


Fig. 1. Localização das zonas geotectónicas da Península Ibérica e das suas correlativas dos Variscas europeu (adaptado de Franke, 1989).

O magmatismo sendo consequência da dinâmica do planeta e dos processos através dos quais a Terra vai dissipando a sua energia interna permite que, pelo seu estudo, se possam fazer inferências sobre as condições geodinâmicas prevalecentes à altura da sua instalação e, como tal, sobre a evolução das regiões onde se insere.

Para o efeito é necessário conhecer a idade dos magmatitos que se faz, no espaço, através da cartografia geológica e, no tempo, principalmente, através da estratigrafia encaixante no caso do vulcanismo contemporâneo da sedimentação ou, com datações radiométricas, no caso do plutonismo e vulcanismo filoniano. Contudo, na ausência de dados por qualquer destes métodos, recorre-se, frequentemente, à correlação estratigráfica, apesar de mais falível.

Como metodologia e, apesar das dificuldades apontadas, abordaremos o problema numa perspectiva estratigráfica. Por restrições de espaço focaremos a nossa atenção no magmatismo máfico por ser o que melhor caracteriza os ambientes geodinâmicos. Este trabalho engloba na ZCI o magmatismo da ZGTOM que foi originalmente definida como subzona da primeira e ainda é assim considerada por muitos autores (Fig. 1).

2. ESTRATIGRAFIA DOS VULCANITOS DO PALEOZOICO INFERIOR

Considerando, na sua totalidade, a parte portuguesa das ZCI e ZGTOM verifica-se que a maior abundância de magmatismo se concentra nos terrenos parautoctones e alóctones do NW da peninsular – ZGTOM (Fig. 2).

Os terrenos parautoctones e alóctones estão em contacto com os terrenos autóctones da ZCI através do grande carreamento de Trás-os-Montes (Fig. 1 e 2). Entre os parautoctones e alóctones existem vários carreamentos de importância diversa (Ribeiro et al., 2006). Os terrenos parautoctones, onde o deslocamento foi menor, são equivalentes aos do autóctone. Quanto aos terrenos alóctones, e de uma forma muito sintética, pode dizer-se que correspondem a três mantos de carreamento principais designados da base para o topo: o Complexo Alóctone Inferior (CAI), Complexo Ofiolítico (CO) e Complexo Alóctone Superior (CAS). Ainda que entre todos estes terrenos e complexos seja possível estabelecer distinções litológicas, existe em termos de características geológicas e significado geodinâmico como que uma transição gradual entre os terrenos alóctone, parautoctone e os CAI e CO. Já ao CAS tem sido atribuída uma história geológica mais complexa que continua bastante controversa (e.g., Ribeiro et al., 2006).

Na Fig. 3 enquadram-se os principais afloramentos de magmatitos conhecidos em colunas estratigráficas simplificadas das várias regiões da ZCI (s.l.). Vários domínios do autóctone (Beiras S-SW, Buçaco e Douro Inferior) e do parautoctone contêm magmatitos ácidos e básicos mas é no alóctone, Centro-Transmontano, que a sua presença é mais persistente.

Começando pelos terrenos autóctones, verifica-se que as referências a magmatitos interestratificados nas formações mais antigas correspondem a manifestações distais de vulcanismo – maior frequência de cristais de magnetite ou de quartzo riolítico nos sedimentos, ou a ocorrência esporádica de níveis ácidos e básicos. Estes magmatitos estão intercalados, no Super Grupo Douro-Beiras, vulgarmente designado Complexo Xisto Grauváquico (CXG). Este, correspondendo a uma mega-unidade siliciclástica de natureza turbidítica, provavelmente depositada como consequência do desmantelamento do Orógeno Cadomiano, constitui, actualmente, o substrato da ZCI onde abrange uma larga área aflorante.

A base do Ordovício inferior sobrepõe-se-lhe, por vezes, em discordância angular, pelo que a sua idade tem sido referida como abrangendo um período desde o Precâmbrico ao Câmbrio superior. Recentemente foram referidos, intercalados no CXG, basitos junto da fronteira para Cidade Rodrigo aos quais foi atribuída idade da transição do Neoproterozóico ao Câmbrio (e.g., Rodríguez-Alonso et al., 2004) (Fig. 3). De referir há, ainda, no CXG das Beiras (Caramulo e de Salvaterra do Extremo, etc.), a presença de múltiplos filões, geralmente básicos e diferenciados, afectados pela deformação varisca, mas ainda não datados (Ribeiro & Munhá, 1993; Ribeiro & Sequeira, 1997) (Fig. 2).

O magmatismo datado da transição Câmbrio-Ordovício está bem representado por vulcanismo félsico antecedendo a formação Quartzito Armoricano e por granitóides que ocorrem, sobretudo, a N, nas imediações de Miranda do Douro e ao longo do limite S com a ZOM na região da Urra (Solá et al., 2005, 2008a; Bea et al. 2006; Montero et al., 2007). Ocorrências esporádicas mais afastadas desses limites surgem também na região das Beiras S e SW e na Serra do Marão (Romão et al., 2005; Neiva, 2007; Antunes et al., 2008; Gomes et al., 2008). Todo este magmatismo é, essencialmente, ácido embora ocorra material intermédio, básico e até ultrabásico (F. Urra) (Solá et al., 2005; Antunes, et al. 2008) (Fig. 3).

Subindo nas colunas estratigráficas surgem os magmatitos interestratificados do Caradociano-Ashgiliano do Buçaco (Formação do Porto de S.^{ta} Ana) e do Ordovício superior das regiões autóctones de Trás-os-Montes (Complexo Vulcano-Sedimentar). O controlo estratigráfico em qualquer destas regiões é paleontológico: 1) a Formação do Porto de S.^{ta} Ana ocorre sem qualquer lacuna estratigráfica sobre sequências com Trilobites, datadas do Caradociano; 2) o Complexo Vulcano-Sedimentar do Ordovício

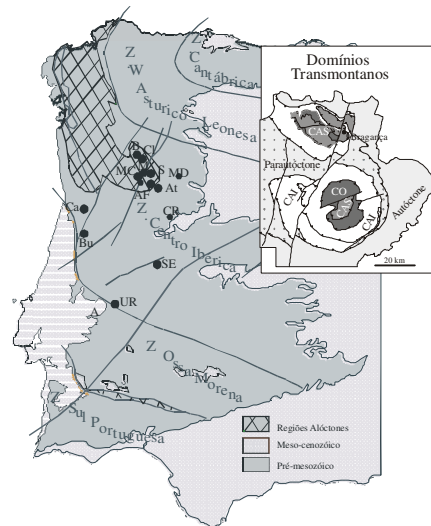


Fig.2. Localização das principais amostras e dos Domínios transmontanos referidos.

(AF-Alfândega da Fé; At-Atenôr; B-Bragança; Bu-Buçaco; Ca-Caramulo; Cl-Celas; CR-Cidade Rodrigo; MD-Miranda do Douro; M-Morais; MC-Macedo de Cavaleiros; S-Santulhão; SE-Salaterra do Extremo; UR-Urra)

superior de Trás-os-Montes assenta sobre sequências do Landeiliano, datadas com *Monograptus* e braquiópodes (Delgado, 1908; Ribeiro, 1974) (Figs 3 e 4).

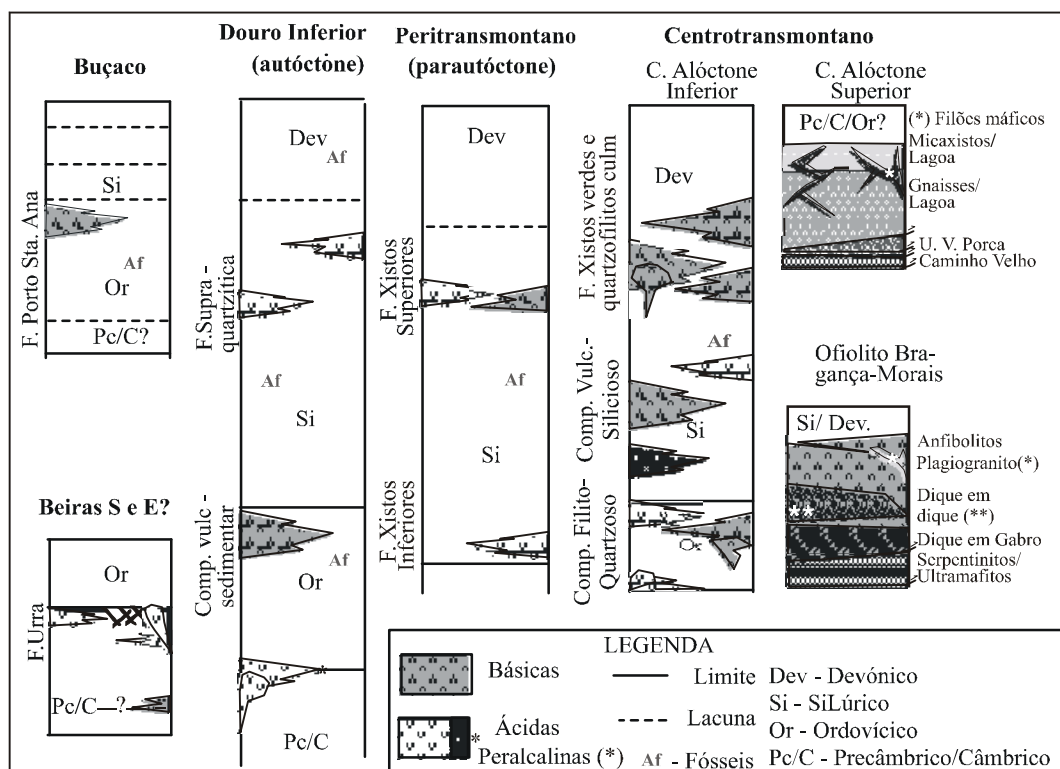


Fig. 3. Localização dos episódios vulcânicos do Paleozóico inf. Nas colunas estratigráficas simplificadas da ZCI.

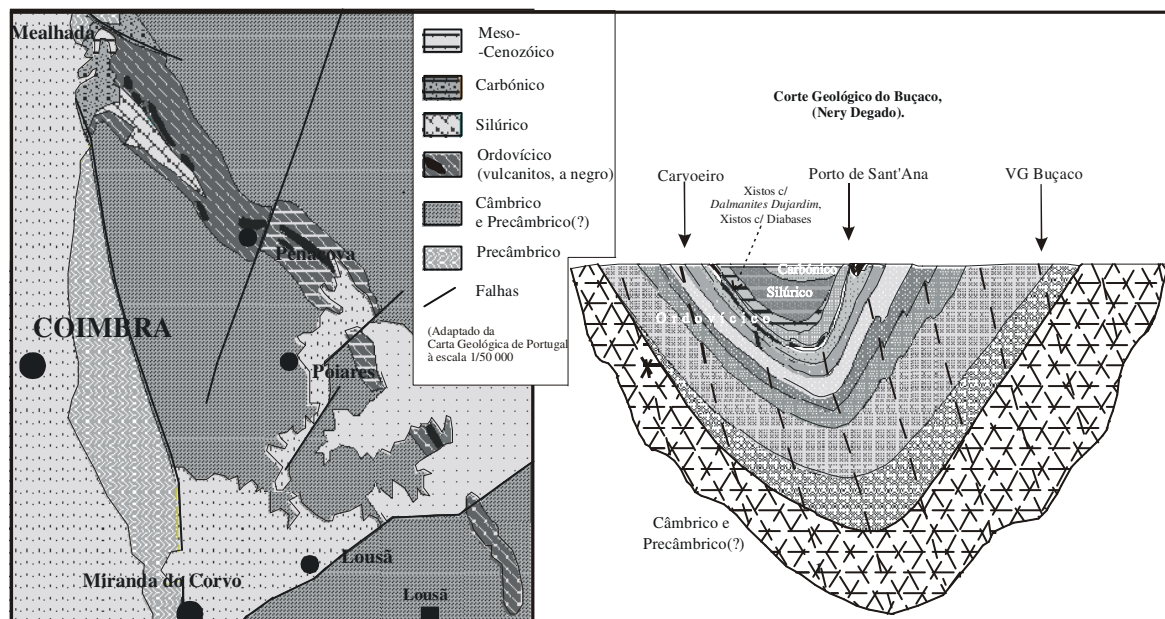


Fig. 4. Localização dos vulcanitos ordovícicos do sinclinal do Buçaco e respectivo corte geológico.

Magmatitos do Silúrico-Devónico encontram-se preservados nas formações do Norte de Portugal, em unidades autóctones (F. Supra Quartzítica), paraúctones (formações dos Xistos Inferiores e Superiores) e alóctones (Complexo Filito-Quartzítico, Complexo Vulcano-Silicioso e F. dos Xistos Verdes e Quartzofilitos Culinantes) cujo controlo estratigráfico foi feito, essencialmente, através de graptólitos (Fig. 3). Nas unidades autóctones e paraúctones- o vulcanismo não atinge o Devónico. Já nos terrenos alóctones o magmatismo (vulcanismo) atinge o Silúrico superior, podendo mesmo ter chegado ao Devónico (Ribeiro, 1974; Ribeiro, 1986; Ribeiro et al., 2006).

3. CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DO MAGMATISMO SINSEDIMENTAR

Para além das imprecisões estratigráficas, os dados geoquímicos são, ainda, escassos, havendo algumas regiões pouco estudadas. Dada a natureza deste trabalho, não serão apresentados dados analíticos mas, apenas indicadas as referências bibliográficas.

3.1. Magmatismo interestratificado no CXG (Neoproterozóico-Câmbrico inferior)

Na região fronteira de Cidade Rodrigo o registo magmático inclui vulcanitos maciços (basaltos, andesitos e riólitos) e vulcanoclastitos, metamorfizados (Rodríguez-Alonso *et al.*, 2004). Este magmatismo, segundo aqueles autores, estende-se para Portugal. A maioria das ocorrências é toleítica mas algumas apresentam afinidades calco-alcalinas e razões elementares, Sm/Nd, Nb/Yb e Ta/Yb, que sugerem evolução magmática em contexto orogénico. Os dados geoquímicos e isotópicos suportam a existência de uma margem continental activa na passagem Neoproterozóico-Câmbrico inferior (Rodríguez-Alonso *et al.*, 2004).

3.2. Magmatismo do Câmbrico-Ordovício inferior

O magmatismo das imediações de Miranda do Douro, Região do Douro inferior, anteriormente datado do Precâmbrico e do Câmbrico, foi recentemente atribuído da transição Câmbrico-Ordovício (483 ± 3 Ma a 474 ± 4 Ma: ortognaisses; 495 ± 5 Ma a 483 ± 3 Ma: vulcanitos félsicos) (Lancelot *et al.*, 1985; Castro *et al.*, 2003; Bea *et al.* 2006). Os vulcanitos poderão ser equivalentes ao “Ollo de Sapo”, considerando a sua posição estratigráfica sob a Formação do Quartzito Armoricano. Este evento magmático é correlacionável com o que ocorre ao longo da transição ZCI/ZOM, na região da Urre – importante episódio datado do Tremadociano ($494,6 \pm 6,8$ Ma a $488,3 \pm 5,2$ Ma) com vulcanoclastitos espacialmente associados a plutonismo granítico, básico e ultrabásico da mesma idade (maciços de Portalegre e do Carrascal; Priem *et al.*, 1970; Solá *et al.*, 2005, 2008b).

Na região da Urre espacialmente associadas, encontram-se, também, manifestações peralcalinas da mesma idade (Lancelot & Allegret, 1982). Esta associação magmática da transição Câmbrico-Ordovício tem sido interpretada como gerada em regime de “rifting” com forte extensão litosférica durante a qual ocorreu a anatexia do substrato Cadomiano (comprovada pela elevada presença de zircão herdado com essa idade), favorecida pela presença de magmas mantélicos (Montero *et al.*, 2007; Bea *et al.* 2007; Solá *et al.*, 2008a).

Ao longo de todo o limite ZCI/ZOM, outras manifestações magmáticas surgem imediatamente antes e durante a deposição do quartzito Armoricano, em plataforma típica de uma margem continental passiva que, provavelmente, resultaram, de ambiente geodinâmico equivalente ao acima mencionado. Como exemplos de eventos magmáticos da transição Câmbrico-Ordovício citam-se: 1) na região de Mação-Sardoal, em discordância sobre o CXG, o Grupo do Vale do Grou, anteriormente designado por “Série Intercalar” (Conde, 1971) a que se associam pórfiros riolíticos e os granitos de Mação Penhascoso e Berver (Romão, 2005); 2) na região das Beiras (Figueiró dos Vinhos) pórfiros riolíticos e dacíticos, na Formação de Amarelos e na Unidade de Pessegueiro (Pereira, 1987).

Fora deste contexto, existe, ainda, na Serra do Marão, na base do Arenigiano – Formação Vulcano-Sedimentar de Vale de Bojas, que compreende vulcanoclastitos ácidos datados de c. 477,3 Ma e granitóides do Fundão, Oledo e Manteigas, nalguns casos com xenólitos (Gomes *et al.*, 2008; Antunes *et al.* 2008; Neiva, 2007).

3.3. O Magmatismo intrusivo no Complexo-Xisto Grauváquico

Na região S e SW das Beiras têm sido descritos filões intrusivos no Complexo Xisto-Grauváquico que, tendo sido afectados pela 1ª fase de deformação varisca, poderão ter-se instalado entre o Ordovício e o Devónico inferior.

Na região do Caramulo, estes filões, muitos dos quais ocorrendo em granitóides intrusivos no CXG, possuem mineralogias metamórficas em fácies que atingem o grau médio (anfíbolitos). Os seus teores em sílica variam entre 43,76% e 47,55%. Correspondem a antigos basaltos transicionais e toleíticos ($Y/Nb = 1 - 6$) diferenciados ($Ni = 41 - 146$ ppm) com padrões multielementares condriticos a moderadamente enriquecidos [$(La/Sm)_n = 1,0-1,8$; $(Nb/La)_n = 0,9-2,0$] idênticos aos observáveis nos MORB e em toleitos continentais de elevado TiO_2 e P_2O_5 (Fig. 5: Ribeiro & Munhá, 1993).

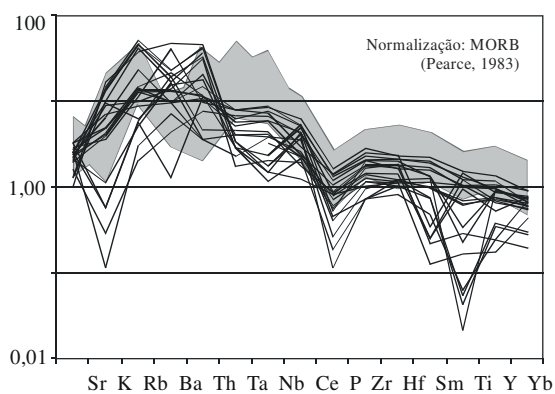


Fig.5. Comparação dos padrões multielementares dos filões intrusivos no Complexo Xisto-Grauváquico (a cinza – filões do Caramulo, a negro – filões de Salvaterra do Extremo)

No caso de Salvaterra do Extremo os filões assumem, principalmente, orientações E-W e NW-SE. As texturas são metamórficas, com algumas texturas porfíricas relíquia. Apresentam clivagem xistenta, interpretada como correspondendo à 1ª fase de deformação varisca. O metamorfismo, com variadas associações mineralógicas, atingiu a fácies de xistos verdes. As composições químicas possuem alargada gama de variação, entre 40,51% e 76,44% de SiO₂. As relações elementares (Fig. 5), identificam duas sequências toleíticas equivalentes às dos basaltos continentais com, pelo menos, dois tipos diferentes de contaminação e um grupo de rochas intermédias e ácidas não correlacionáveis com as básicas por simples processos de cristalização fraccionada. As relações Th/Yb versus Ta/Yb sugerem fontes mantélicas relativamente

enriquecidas para as duas sequências máficas (Ribeiro & Sequeira, 1997).

Pelas suas características químicas o magmatismo preservado no Caramulo e em Salvaterra do Extremo ter-se-á gerado em ambiente distensivo típico de uma margem passiva.

3.4. Magmatitos interestratificados do Caradociano-Ashgiliano do Buçaco e do Ordovício superior do autóctone de Trás-os-Montes

Na região do Buçaco, na F. de Porto de S.^{ta} Ana (Caradociano), têm sido descritas rochas de texturas variadas correspondentes a metadiabases e outros vulcanitos, principalmente básicos. O metamorfismo de baixo grau permitiu a conservação de texturas e, em muitos casos, da mineralogia primária. A projecção de parâmetros químicos das clinopiroxenas magmáticas sugere um quimismo sub-alcálico dos líquidos donde derivam e uma ambiência não orogénica (Fig.6). Do ponto de vista da geoquímica de rocha total, as relações elementares e os diagramas multielementares são correspondentes a toleitos continentais com alguma contaminação crustal. Comparados com os perfis dos filões intrusivos no CXG da região das Beiras, apresentam padrões equivalentes e Ta/Yb ligeiramente mais próximas dos MORB (Fig.7).

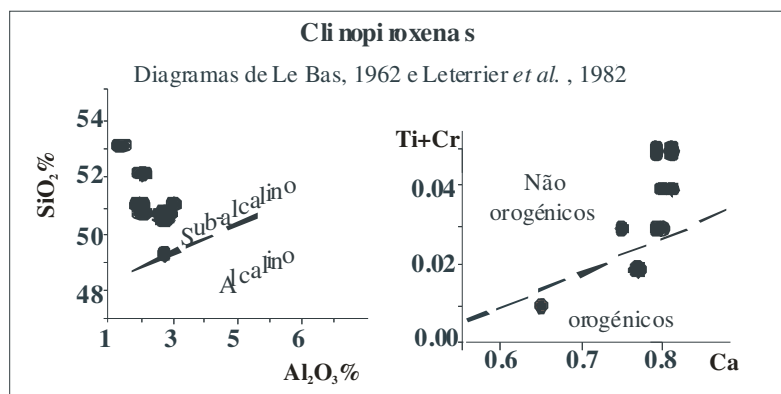


Fig. 6. Projecção, em diagramas discriminantes dos parâmetros das clinopiroxenas augíticas (Di₃₄₋₄₂, En₃₈₋₄₅, Fs₁₅₋₂₈) do Buçaco (Ribeiro & Palácios, 1993)

Nos terrenos autóctones de Trás-os-Montes ocorre vulcanismo básico, com manifestações filonianas, no Complexo Vulcano-Sedimentar do Ordovício Superior (Vimioso -Brunhosinho). As associações mineralógicas desta região encontram-se em fácies dos xistos verdes sem, no entanto, apresentarem mineralogia primitiva. Do ponto de vista geoquímico, apresentam perfis multielementares enriquecidos em elementos incompatíveis e Y/Nb <1, correspondendo a magmas alcalinos. A razão Ta/Yb é semelhante à observada no Caramulo e muito superior à dos magmatitos do Buçaco de idade equiparável (Ribeiro et al., 2006).

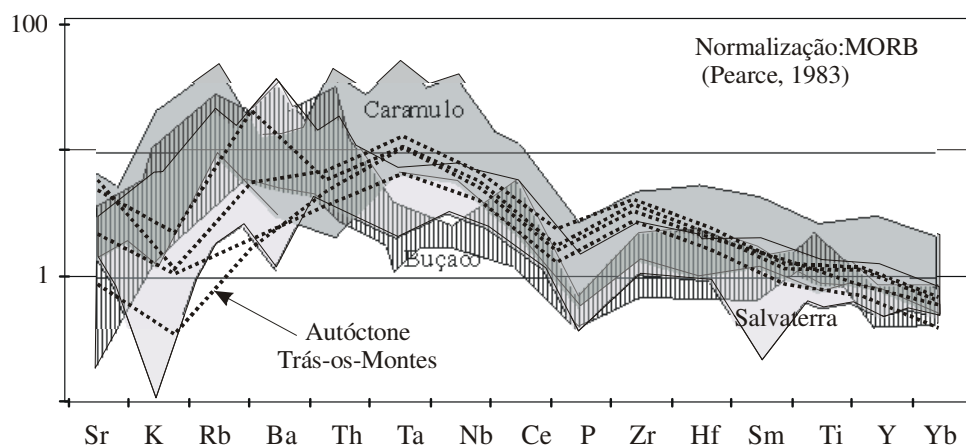


Fig. 7. Comparação dos padrões multielementares dos magmatitos básicos das formações autóctones da ZCI (filões do CXG, Buçaco e Trás-os-Montes).

3.5. Magmatitos interestratificados nos terrenos parautoctone e autóctone

Os terrenos parautoctones de Trás-os-Montes incluem magmatitos ácidos e básicos nas formações dos Xistos Superiores de idade Silúrica (Fig. 3). A mineralogia, totalmente metamórfica, encontra-se em fácies de xistos verdes. Amostras recolhidas na pequena mancha que ocorre entre Saldanha e Travanca caracterizam-se por SiO_2 de 45, 15% a 46,84%, Y/Nb de 6,7 a 10ppm e perfis condriticos de terras raras (REE). Estes são muito semelhantes aos observados no Complexo Vulcano-Silicioso dos terrenos alóctones do manto inferior, região de Vales e Pombal, a N de Alfândega da Fé e Valverde, abaixo descritos (Fig. 8).

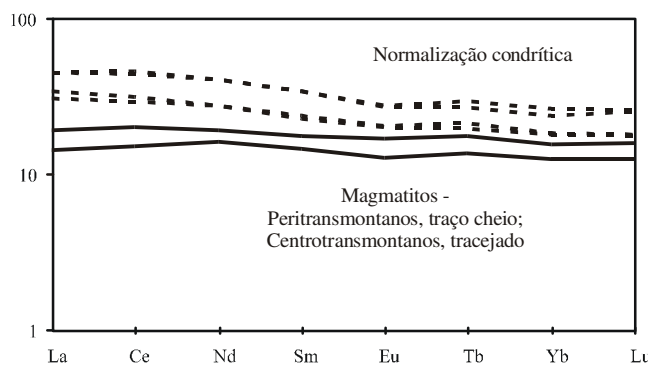


Fig. 8. Padrões de REE dos magmatitos básicos de formações do parautoctone (traços grossos) e alóctones do manto inferior de Trás-os-Montes (traço fino)

Relativamente aos terrenos alóctones (CAI), recorreremos ao estudo detalhado do magmatismo da região a W de Macedo de Cavaleiros (Ribeiro, 1986; 1987). Da base para o topo foram descritas várias formações integrando dois grupos de diferentes afinidades geoquímicas – Grupo Carrapatas (Gr.C) e Grupo de Macedo (Gr.M) que sobrepõe o primeiro (Ribeiro, 1991).

Do Gr.C fazem parte as seguintes formações: F. de Alto de Sequeira, essencialmente pelítica; F. de Facho, metavulcanitos ácidos com intercalações básicas; F. de Carrapatas, constituída por xistos verdes com intercalações, métricas, de meta riólitos de afinidades peralcalinas; F. de Alto de Casais, constituída por tufo riolíticos com contribuição sedimentar no topo. Todas estas formações possuem mineralogia metamórfica em fácies de xistos verdes a anfibolítica.

O Gr.M integra, da base para o topo, as seguintes unidades: F. de Madorra de natureza quartzo-feldspática com escassas intercalações de xistos verdes e raros chertes; Complexo de Valebenfeito, essencialmente constituído por metagabros, em massas e filões e, ainda, pequenos filões félsicos de composição intermédia e ácida adiante descritos; F. de Macedo de Cavaleiros, essencialmente constituída por xistos verdes com algumas intercalações de natureza quartzo-feldspática que se tornam quase inexistentes para o topo da unidade.

Sobrepondo-se ao Gr.M, mas ainda fazendo parte do CAI, foi descrita a Unidade de Pombais que integra, essencialmente, metavulcanitos básicos com assinaturas MORB (Pereira et al., 2000; Ribeiro et al., 2006).

Na figura 9 apresenta-se a correlação das unidades e grupos acima mencionados e as unidades regionais descritas para o Grupo Centro-Transmontano, Complexo Alóctone Inferior (Ribeiro *et al.*, 2006). O Gr.C integra, ainda, dois tipos de sequências magmáticas (Ribeiro, 1986; 1987; 1991): 1) Sequência alcalina-transicional, com um pólo ácido – metariolitos (peralcalinos), na base, e um básico –

metabasaltos e metadiabases, com raras intercalações de felsitos de afinidade peralcalina, no topo; 2) Sequência sub-alcalina com metariolitos, metatufos e metatufitos riolíticos.

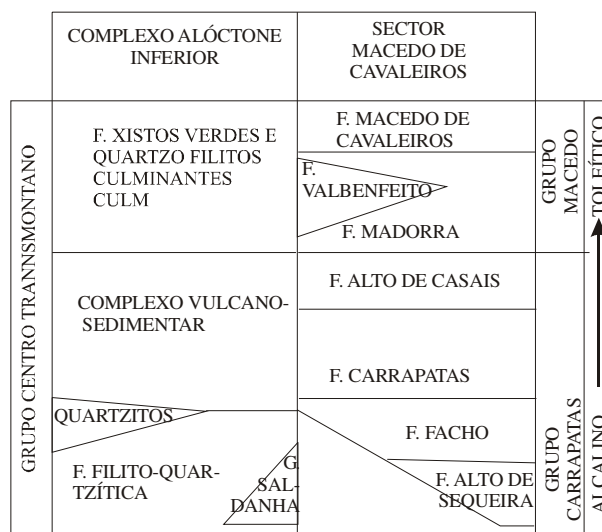


Fig. 9 – Correlação das unidades litoestratigráficas definidas no sector de Macedo de Cavaleiros e as descritas para o restante CAI.

O Grupo Macedo (Gr.M) é essencialmente constituído por metabasaltos e metagabros correspondentes a uma sequência sub-alcalina, toleítico-transicional (Ribeiro, 1986). A caracterização dos termos básicos dos dois grandes grupos foi feita, essencialmente, com base nos elementos-traço e, em termos comparativos, apresenta-se do seguinte modo (Ribeiro, 1991; Ribeiro et al., 1992):

Gr.C - $[Ce/Y]_N = 4,02$; $[La/Ce]_N = 1,50$; $Zr/Nb = 7,20$; $Y/Nb < 1,5$; $V/Ti/10^3 > 50$

Gr.M - $[Ce/Y]_N = 2,00$; $[La/Ce]_N = 0,40$; $Zr/Nb = 22,50$; $Y/Nb < 2,5$; $V/Ti/10^3 > 50$

Espacialmente associados, ocorrem raros e diminutos filões félsicos (os designados Filões félsicos de Valbenfeito) muito significativos do ponto de vista geodinâmico, como referiremos adiante (Ribeiro, 1987b).

O Gr.C mostra um enriquecimento geral em elementos incompatíveis enquanto o Gr.M tem um perfil equivalente ao do MORB, excepto algum enriquecimento em Th e pequenas anomalias negativas de Ti, P e Nb (Fig. 10). Resultaram de líquidos parentais diferentes (7% de fusão não modal do lherzólito com granada, no caso do Gr. Carrapatos e 3,5% do resíduo, em granada, no caso do Gr. Macedo) e evoluíram posteriormente por cristalização fraccionada e contaminação crustal (Ribeiro, 1991). Os perfis multi-elementares dos magmatitos das formações do CAI, além do sector de Macedo de Cavaleiros, são equivalentes aos aí definidos (Fig. 10). No entanto, os dados actuais sugerem não ser fácil obter uma correlação linear entre as várias unidades estratigráficas definidas verificando-se que assinaturas diversas podem ocorrer na mesma unidade (Schmermerhorn & Kotsck, 1984, Ribeiro *et al.*, 1992).

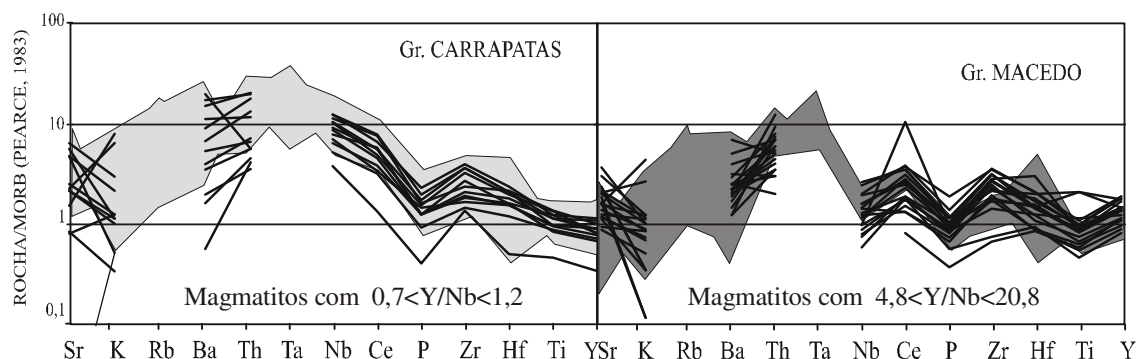


Fig. 10. Os dois padrões multi-elementares dos magmatitos do sector de Macedo de Cavaleiro, a cinza, enquadram os perfis das restantes unidades litoestratigráficas definidas em Trás-os-Montes oriental. Contudo, não foi, ainda, possível fazer uma correlação directa entre as unidades estabelecidas.

Integradas nas sequências félsicas do Gr.C acima referidas as rochas ácidas da F. de Facho e Carrapatas são, enriquecidas em elementos incompatíveis e apresentam razões alumina/alcalis superiores e inferiores à unidade. O aspecto mais relevante destas rochas, que chegam a ser negras, é a elevada quantidade de SiO₂, da ordem dos 74%, associadas a quantidades de FeO, da ordem dos 10 e 12%, e a baixa quantidade de Al₂O₃. Possuem as mesmas razões de elementos incompatíveis que o Gr. Carrapatas, evidenciando a sua relação genética a partir delas por cristalização fraccionada onde a fugacidade do oxigénio terá desempenhado um papel importante (Ribeiro, 1987a). A evolução das sequências básicas alcalinas-transicionais para riólitos peralcalinos tem sido muito documentada na literatura geológica, especialmente em ambientes de *rifting* continental (Shood, 1981). Esporadicamente encontram-se rochas peralcalinas noutros pontos do Complexo Vulcano-Silicioso (ex: N de Mirandela). Contudo, a grande maioria dos felsitos deste complexo estão ainda por estudar.

Quanto aos riólitos da F. de Alto de Casais, pode-se dizer que possuem características geoquímicas completamente diferentes dos da F. de Facho – igualmente, elevados teores de sílica mas, também de Al₂O₃ e baixos teores de FeO. O enriquecimento em elementos incompatíveis é muito inferior ao da F. de Facho (Fig. 11) e as razões de elementos incompatíveis são diferentes das de qualquer dos grupos máficos anteriormente referidos. A geoquímica dos riólitos da F. de Alto de Casais é compatível com a sua génese a partir da fusão parcial de uma fonte crustal e posterior evolução por cristalização fraccionada (Ribeiro, 1986, 1987a).

Os felsitos do Gr.M, e os filões félsicos de Valebenfeito, espacialmente associados aos plutonitos do Complexo de Valebenfeito (Gr.M), possuem quimismo característico dos tronjemitos aluminosos excepto relativamente ao elevado teor de terras raras pesadas. Os seus perfis de REE, enriquecidos em REE leves, diferem dos plagiogranitos (Fig. 11). A sua origem foi estimada como resultante da fusão parcial a baixa pressão, de leitos toleíticos/anfibolíticos existentes numa sequência sedimentar, deixando alguma granada ou hornblenda como resíduo (Ribeiro, 1987a).

Os dados acima referidos permitiram estabelecer como modelo de evolução geodinâmica no sector de Macedo de Cavaleiros a abertura de um rift continental com emissão de lavas alcalino-transicionais com um pólo ácido (riólitos peralcalinos) e um básico, basaltos alcalinos - transicionais. A subida destes líquidos através da crosta continental terá produzido fusão parcial desta e, assim, gerado riólitos e pórfiros riolíticos aluminosos. A evolução do rift continental levou à ruptura da crosta continental produzindo um oceano testemunhado pelo ofiolito ocorrente no manto alóctone suprajacente (Munhá et al., 1990a). Os metavulcanitos e metaplutonitos máficos do Gr.M são um estágio intermédio neste processo de oceanização (Ribeiro et al., 2006).

O Complexo Ofiolítico, representado nos maciços de Morais e Bragança, sobrepõe-se ao CAI através de carreamento. As unidades (intercaladas de carreamentos) e estruturas que o compõem foram cartografadas e descritas em vários trabalhos (Anthonioz, 1969-72; Ribeiro, 1974; Pereira et al., 2000; Ribeiro et al., 2006). Correspondem a metamorfitos em fácies anfibolítica (com estruturas dique em dique, dique em gabro, flaser-gabros, acumulados máficos, ultrabasitos, raros filões félsicos). As características químico-mineralógicas de metassedimentos intercalados sugerem áreas de descarga hidrotermal em fundo do oceano (Munhá et al. 1990a, b).

A mineralogia, geoquímica e estrutura das rochas ultramáficas sugerem protólitos de natureza, essencialmente, dunítica a harzburgítica (Munhá et al., 1990a, b). Em geral, as rochas máficas (anfibolitos), têm composição basáltica com significativa heterogeneidade de razões entre elementos incompatíveis (La/Sm)_{cn}=0,4-2,7; La/Th=5-30; Zr/Nb=10-22 e grande variação nos teores de Ni (240-<10ppm), de Cr (400-38ppm) e das razões FeO^t/MgO (0,7-4) sugerindo representarem líquidos derivados por cristalização fraccionada de magmas produzidos pela fusão parcial de fonte(s) mantélica(s) heterogénea(s). A persistência de composições tipo MORB-N, associada à larga gama de composições referida, sugerem corresponder a um back-arc (Munhá et al., 1990a). Os níveis felsíticos têm sido considerados plagiogranitos atípicos (Munhá et al. 1990a).

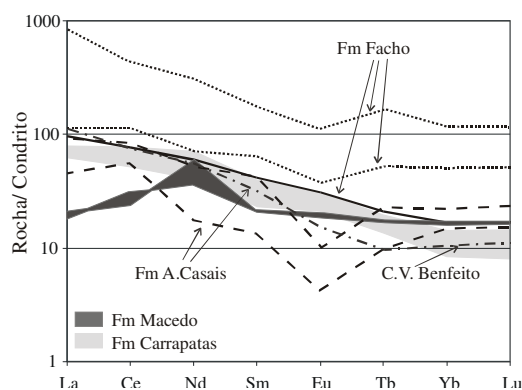


Fig. 11 – Perfis de REE de rochas ácidas representativas das várias unidades do sector de Macedo de Cavaleiros. Espectros dos basitos menos diferenciados das formações de Macedo de Cavaleiros e Carrapatas, a cinza. O traço negro, cheio, filão básico da Fm. Facho.

A parte superior deste conjunto (405 ± 1 Ma a 396 ± 1 Ma (U-Pb em zircões) apresenta assinaturas geoquímicas diversas da inferior (elevadas razões Th/Nb e altas razões isotópicas de Nd ($\epsilon_{Nd} = +7,5$ a $+8,9$) sendo interpretadas como resultantes duma subducção intra-oceânica (Pin et al., 2006). Esta idade é praticamente coincidente com a idade da recristalização metamórfica de 385-395 Ma (Peucat et al. 1990; Marques et al, 1990; Dallmeyer et al. 1991).

O Complexo Alóctone Superior, também representado nos maciços de Morais e Bragança, assenta no CO através de carreamento. É constituído por dois tipos de unidades: 1) micaxistos e ortognaisses (de Lagoa), intruídos por filões máficos; 2) metamorfitos de alto grau – peridotitos com granada, granulitos máficos, gnaisses quartzo-feldspáticos e gabros coroníticos. Este conjunto é interpretado como representando um segmento continental incluindo porções infracrustais.

Os ortognaisses correspondem a metagranitóides de tendência peraluminosa, afinidade calcoalcalina e idade de cristalização 496 ± 3 Ma (U/Pb sobre zircões) (Beetsma, 1995; Dallmeyer & Tucker, 1993). Ambas as unidades são cortadas por filões básicos e todo o conjunto apresenta, pelo menos, a deformação varisca. Apesar das datações, a idade destas unidades continua controversa dado as relações estruturais sugerirem idades mais antigas, i.e. precâmbricas.

Os metamorfitos de alto grau, básicos ultrabásicos e félsicos, apresentam-se geralmente muito deformados, recristalizados e, retrogradados sobretudo nas imediações dos acidentes tectónicos. Estes metamorfitos diferem de maciço para maciço (Bragança, Morais) reflectindo evoluções sob diferentes condições de P-T (Ribeiro & Ribeiro, 2003) (Fig.12). Os dados geoquímicos dos gabros anfibolitizados e coroníticos indicam afinidades geoquímicas com toleitos continentais (Santos, 1998; Castro et al., 1993; Munhá et al., 1993).

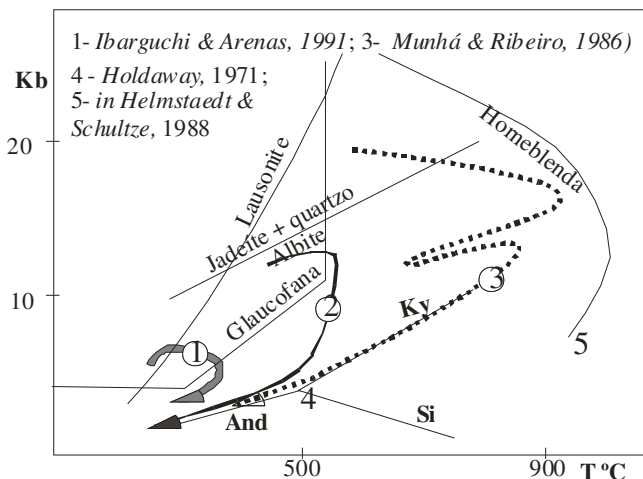


Fig.12. Evolução das condições P-T-t em granulitos e eclogitos dos maciços de Morais, Bragança e Cabo Ortegal (Galiza). 1-Metapelitos, Morais-Bragança; 2-Cabo Ortegal; 3-Bragança (eclogitos com distena).

4. CONCLUSÕES

Os dados que discutimos abrangem um período de tempo (Paleozóico inferior) durante o qual a ZCI (s.l.) evoluiu essencialmente no regime distensivo (margem passiva) que ocorreu entre os processos orogénicos cadomianos e variscos, o que é espelhado pelo quimismo das rochas magmáticas. As mais antigas (Neoproterozóico-Câmbrico inferior) rochas descritas (Vilar Formoso – Ciudad de Rodrigo) apresentam assinaturas supra-subducção que permitem correlacioná-las com os eventos terminais do ciclo cadomiano. Já os níveis superiores do complexo ofiolítico de Trás-os-Montes apresentando assinaturas isotópicas compatíveis com o funcionamento de uma zona de subducção e idades coincidentes com o metamorfismo varisco, são correlacionáveis com a inversão tectónica que, no Devónico inferior-médio, se opera na ZCI com a passagem de regime distensivo a compressivo.

O restante magmatismo (Cambro-Ordovícico) é compatível com a evolução da ZCI enquanto margem passiva. O adelgaçamento litosférico então produzido permitiu a descompressão adiabática que gerou o magmatismo máfico descrito. O elevado fluxo calórico resultante da abundância de magmas mantélicos terá induzido elevadas percentagens de fusão parcial da crosta gerando magmas félsicos que, herdando as características da fonte (substrato cadomiano), apresentam assinatura peraluminosa em aparente contradição com a esperada num regime tectónico extensional como o inferido (extensão da margem N do Gondwana). Os terrenos alóctones de Trás-os-Montes representam excertos das bacias oceânicas que rodeavam o autóctone da Ibéria durante o Paleozóico e que lhe foram posteriormente acreccionados no Paleozóico médio-superior durante a orogenia Varisca. Evidências geocronológicas no Complexo Ofiolítico sugerem a existência de domínios oceânicos distintos e de idades diferentes (Ordovícico e Devónico inferior) imbricados. O significado do Complexo Alóctone Superior continua controverso quanto a idades, com algum consenso relativamente à sua natureza continental (crustal e mantélica), provavelmente, margem oposta do oceano varisco.

REFERENCIAS

- Anthonioz PM (1969-72) - Les complexes polymeta- morphiques précambriens de Morais et Bragança (NE du Portugal): étude pétrographique et structurale. Mem. Serv. Geol. Portugal, 20, pp 1-120.
- Antunes, I.M.H.R., Neiva, A.M.R., Silva, M.M.V.G., Corfu, F. (2008) - The genesis of I- and S- type granitoid rocks of the Early Ordovician Oledo pluton, Central Iberian Zone (central Portugal), Lithos (in press) doi: 10.1016/j.lithos.2008.07.014.
- Bea, F., Montero, P., Talavera, C., Zinger, T. (2006) - A revised Ordovician age for the Miranda do Douro orthogneiss, Portugal. Zircon U-Pb ion-microprobe and LA-ICPMS dating. *Geologica Acta*, 4, pp.395-401.
- Bea, F., Montero, P., González-Lodeiro, F., Talavera, C. (2007) - Zircon inheritance reveals exceptionally fast crustal magma generation processes in Central Iberia during the Cambro-Ordovician. *Journal of Petrology*, 48, pp. 1227-2339.
- Beetsma J.J. (1995) - The late Proterozoic / Paleozoic and Hercynian crustal evolution of the Iberian Massif, N Portugal. PhD. Thesis (não publicada). Vrije Universiteit Amsterdam. 223 pp.
- Castro, P., Tassinari, C., Pereira, E., Dias, G. & Leterrier, J. (2003) - Geocronologia do complexo metamórfico de Miranda do Douro (NE Trás-os-Montes, Portugal). Implicações geodinâmicas. VI Cong. Nac. Geol., Ciências da Terra (UNL), Lisboa, nº esp.V, CD-ROM, D29-D30.
- Castro, P., Ribeiro, A., Pereira, E. (1993) - Sobre os filões e soleiras básicos, intrusivos nos micaxistos e gnaisses de Lagoa - Maciço de Morais. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciências da Univ. Porto, Memórias nº 3, 21-26 (II Congr. de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Porto).
- Conde L.E.N. (1971) - Existência em Portugal de uma série superior à "Formação Xistosa das Beiras" e inferior ao Ordovício. *Stud. Geol.* 2: pp. 25-26.
- Dallmeyer, R.D. & Tucker, U. (1993) - Pb zircon age for the Lagoa augen gneiss, Morais Complex, Portugal: tectonic implications. *J. Geol. Soc. London*, 150, pp. 405-410.
- Dallmeyer, R.D., Ribeiro, A. & Marques, F. (1991) - Polyphase Variscan emplacement of exotic terranes (Morais and Bragança Massifs) onto Iberian successions: evidence from 40Ar/39Ar mineral ages. *Lithos* 27, 133 - 144.
- Delgado, J. F. Nery (1908) - Système Silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paléontologique. Mémoires Commission Services Géologiques du Portugal, Lisboa, pp. 25-70.
- Helmstaedt, H., Schulze, D.J. (1988) - Eclogite-facies ultramafic xenolith from Colorado Plateau diatreme breccias: composition with eclogites in crustal environments, evaluation of the subduction hypothesis, and implications for eclogite xenoliths from diamondiferous kimberlites. In: Smith, D.C. (Ed.), *Eclogites and Eclogite-Facies Rocks*. Elsevier, New York, pp. 387-450.
- Holdaway, M. J. (1971) - Stability of andalusite and the aluminum silicate phase diagram, *American Journal of Science*, Vol. 271, pp. 97-131.
- Franke, W. (1989) - Variscan plate tectonics in Central Europe - current ideas and open questions. *Tectonophysics*, 169/4, pp. 221-228.
- Gomes, E. P., Coke, C., Teixeira, R., Azevedo, M.R., Corfu, F. (2008) - Magmatismo ácido do Ordovício inferior da Serra do Marão, norte de Portugal. Livro de resumos do IX Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, pp. 82.
- Ibarguchi, G. & Arenas, R. (1991) Metamorphic evolution of the allochthonous complexes from the Northwest of the Iberian Peninsula. *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, pp. 237-246. Eds. Dallmeyer & Martinez-Garcia. Springer-Verlag, Berlin.
- Lancelot J.R., Allegret A. (1982) - Radiochronologie U/Pb de l'orthogneiss alcalin de Pedroso (Alto Alentejo, Portugal) et évolution anté-hercynienne de l'Europe occidentale. *Neues Jahrb. Mineral., Monatsh.* 9, 385-394.
- Lancelot J.R., Allegret A. & Iglesias, M. (1985) - Outline of Upper Precambrian and Lower paleozoic evolving of the Iberian Peninsula according to U/Pb dating of zircons. *Earth Planet. Sci. Letts*, 74, pp.325-337.
- Le Bas, M.J. (1962) The role of aluminum in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage, *American Journal of Science*, Vol. 260, pp.267-288.
- Letterrier, J., Maury, R.C., Thonon, P., Girod, D. & Marchal, M. (1982) - Clinopyroxene composition as a method of identification of magmatic affinities of paleo-volcanic series. *Earth Planet. Sci. Letts.*, 59: 139 - 154.
- Marques, F., Dallmeyer, R.D. & Ribeiro, A. (1990) - Tectonothermal evolution of the Morais and Bragança Nappe Complexes, Iberian Massif. *Geol. Soc. Am. Abstract Programs*, 22, p. 7.
- Montero, P., Bea, F., González-Lodeiro, F., Talavera, C.M., Whitehouse, J. (2007) - Zircon ages of the metavolcanic rocks and metagranites of the Ollo de Sapo Domain in central Spain: implications for the Neoproterozoic to Early Palaeozoic evolution of Iberia. *Geological Magazine* 144 (6), pp. 963-976.
- Munhá, J. & Ribeiro, A. (1986) - Metamorphic evolution of kyanite-eclogites and related high-grade rocks of the Bragança Massif (Trás-os-Montes, NE Portugal). *Maleo*, 2 (13), 31. Lisboa.
- Munhá J, Ribeiro ML & Pereira E (1990a) - Petrology and geochemistry of Morais ophiolites (Trás-os-Montes, NE Portugal). VIII Semana de Geoquímica (Lisboa). Resumos das Comunicações.
- Munhá J, Mata J & Ribeiro ML (1990b).- Preorogenic events in the iberian Variscides: Magmatism, thermal regime and isotopic resetting. Terranes in the Circum-Atlantic Paleozoic orogens (Intern, conference on Paleozoic orogens in central Europe; Göttingen-Giessen), Abstracts.
- Munhá J, Ribeiro ML & Santos JFP (1993) - Geoquímica dos filões máficos de Lagoa (Maciço de Morais, Trás-os-Montes, NE Portugal). II Congr. Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa. Mem. nº 3; Univ. Porto - Fac, Ciências, Museu e Lab. Min. Geol., pp. 127-130. F. Noronha, M. Marques & P. Nogueira, eds.
- Munhá J, Mata J & Ribeiro ML (1990) - Preorogenic events in the iberian Variscides: Magmatism, thermal regime and isotopic resetting. Terranes in the Circum-Atlantic Paleozoic orogens (Intern, conference on Paleozoic orogens in central Europe; Göttingen-Giessen), Abstracts.
- Neiva, A.M.R. (2007) - Geochemistry of I-type granodiorite and tin-bearing S-type granites from Gouveia area, central Portugal. *Geochimica Cosmochimica Acta*, Special Supplement 71 (N15S), A709.

- Pearce JA (1983) - Role of sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: *continental Basalts and Mantle Xenoliths*. Shiva Publ. Ltd., (C.J. Hawkesworth & M.J. Norry eds.): 230-249.
- Pereira, E., Ribeiro, A., Castro, P.F. (2000) – Carta Geológica de Portugal à escala 1:50.000. Notícia explicativa da Folha 7 – D (Macedo de Cavaleiros). Serv. Geol. Portugal.
- Pereira LCG (1987) - Tipologia e evolução da sutura entre ZCI e a ZOM no sector entre Alvaizere e Figueiró dos Vinhos (Portugal Central). Tese, Univ. Coimbra.
- Peucat, J.J. Bernard-Griffiths, J. Gil Ibarra, J.I., Dallmeyer, R.D. Menot, R.P., Cornichet, J. Iglesias Ponce de Leon, M. (1990) - Geochemical and geochronological cross section of the deep Variscan crust: the Cabo Ortegal high-pressure nappe (northwestern Spain), *Tectonophysics* 177, 263–292.
- Pin, C., J. L. Paquette, B. Abalos, F. J. Santos, and J. I. Gil Ibarra (2006) - Composite origin of an early Variscan transported suture: Ophiolitic units of the Morais Nappe Complex (north Portugal), *Tectonics*, 25, TC5001, doi:10.1029/2006TC001971
- Priem, H.N.A.; Boelruk, N.A.I.M.; Verschure, R.H.; Hebeda, E.H. & Verdumen, E.A. (1970) - Dating events of acid plutonism through the paleozoic of Western Iberian Peninsula, *Eclogae Geol. Helv.*, 63 : 255-274.
- Ribeiro A (1974) - Contribution à l'étude tectonique de Trás-os Montes Oriental. Mem. Ser. Geol. Portugal, 24.
- Ribeiro, A., E. Pereira, M. L. Ribeiro & P. Castro (2006) – Unidades alóctones da região de Morais (Trás-os-Montes Orientais), in *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*, editado por R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha and J. C. Kullberg, pp. 85-105, Universidade de Évora, Évora.
- Ribeiro ML (1986) - *Geologia e Petrologia da região a Sw de Macedo de Cavaleiros*. Tese, 200pg. Univ. Lisboa.
- Ribeiro ML (1987a) - Petrogenesis of early paleozoic peralkaline rhyolites from the Macedo de Cavaleiros region (NE Portugal). *Geol. Rundschau*, 76: 147-168.
- Ribeiro ML (1987b) - The significance of Valbenfeito Felsic Dikes on the definition of the Regional Tectonic Setting. *Com. Ser. Geol. Portugal*, 73,1-2: 3-10
- Ribeiro, M.L. (1991) – Contribuição para o conhecimento estratigráfico e petrológico da região a SW de Macedo de Cavaleiros (Trás-os-Montes oriental). *Memória nº 30*, 106 pp. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Ribeiro ML, Mata, J. & Munhá, J. (1992) – Magmatismo do Paleozóico inferior em Portugal. 1ª Conf. Int. Ibero-América. pp 378-394. Eds.: Gutiérrez Marco, J.G. Saavedra, J. & Rábano, I. Univ. Extremadura, Espanha.
- Ribeiro ML & Munhá J (1993) – Magmatismo Paleozóico da Serra do Caramulo: características geoquímicas e implicações geodinâmicas. II Congr. de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa. *Memórias nº 3*; Univ. Porto – Fac. Ciências, Museu e Lab. Min. Geol., pp. 157-159. F. Noronha, M. Marques & P. Nogueira, eds.
- Ribeiro, M.L. & Palácios, T. (1993) – Vulcanismo do Buçaco: Características mineralógicas e geoquímicas. *Comun. XII Reun. Geol. Oeste Penins.*, Univ. Évora, vol. 1, pp. 209-211
- Ribeiro, M.L. & Sequeira, A.D. (1997) – Complexo filoniano de (Salvaterra do Extremo (Castelo Branco). *Com. IGM*, t. 83; pp. 143-150. Lisboa
- Ribeiro ML & Ribeiro A (2003) – Os eclogitos da região de Bragança-Vinhais : dos factos aos modelos. « A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos », V. 2 – Recursos geológicos e Formação, pp. 449 – 456. Coordenação de Martin Portugal Ferreira. Imprensa da Universidade de Coimbra. Coimbra
- Rodríguez Alonso, M.D., Peinado, M., López-Plaza, M. Franco, P., Carnicero, A., Gonzalo, J.C. (2004) - Neoproterozoic-Cambrian Synsedimentary magmatism in the Central Iberian Zone (Spain): geology, petrology and geodynamic significance. *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.)* 93: 897-920.
- Romão, J., Coke, C., Dias, R., Ribeiro, A. (2005) - Transient inversion during the opening stage of the Wilson Cycle “Sardic phase” in the Iberian Variscides - stratigraphic and tectonic record. *Geodinamica Acta* 18 (2), pp.15–29.
- Santos, J. (1998) – Geoquímica de litologias básicas e ultrabásicas da Unidade Alóctone Superior do Maciço de Bragança. Tese Univ. Aveiro, 402 p.
- Schermerhorn, L.J.G. & Kotsch, S. (1984) - First occurrence of lawsonite in Portugal: tectonic implications. *Comun. Serviços Geológicos de Portugal*, t.70, fasc.1, pp. 23-30.
- Shood, M. (1981) - Modern igneous petrology. John Wiley & Sons, Toronto, 244pp.
- Solá, A.R., Montero, P. Ribeiro, M.L., Neiva, A.M.R., Zinger, T., Bea, F. (2005) - Pb/Pb age of the Carrascal Massif, central Portugal. *Geochimica Cosmochimica Acta*, Special Supplement 69: A856.
- Solá A.R., Pereira M.F., Williams I.S., Ribeiro M.L., Neiva A.M.R., Montero P., Bea F., Zinger T. (2008a) - New insights from U–Pb zircon dating of Early Ordovician magmatism on the northern Gondwana margin: The Urra Formation (SW Iberian Massif, Portugal), *Tectonophysics* 461, pp. 114–129.
- Solá, A.R.; Ribeiro, M.L. & Neiva, A.M.R. (2008b) - Zircon dating and inheritance of a Pre-Variscan granite (SW Iberia). *Geochim. Cosmochim. Acta* 72, Special Supplement 12S, A880.